

DE 00/1626

REC'D 02 AUG 2000

WIPO PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



4

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 28 179.3  
Anmeldetag: 19. Juni 1999  
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,  
Stuttgart/DE  
Bezeichnung: Piezoaktor  
IPC: H 02 N 2/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 23. Juni 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Holß

## Piezoaktor

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt.

Bei der Positionierung von Ventilen werden die zuvor genannten Piezoaktoren häufig eingesetzt. Dabei ist hier unter anderem zu beachten, dass ihr Hubvermögen zur Betätigung, beispielsweise eines Ventilstößels, relativ klein ist. Andererseits führt die unterschiedliche Wärme-  
dehnung der Keramik des Piezoelements und des Gehäuses dadurch zu Problemen; das Piezoelement hat eine sehr geringe Temperaturdehnung und das, in der Regel metallische Gehäuse hat eine positive Temperaturdehnung, was zu einer Drift der Position des Ventilstößels ohne eine Ansteuerung des Piezoelements führen kann.

In üblicher Weise konnte man solche Störeffekte bisher nur durch die Anwendung sehr teurer Materialien, wie z.B. Invar, vermindern, die eine negative Temperaturdehnung aufweisen. Ein anderer Weg bestand darin, zum Piezoelement in Reihe ein Material mit hoher Temperaturdehnung zu schalten, womit sich jedoch die Steifigkeit des Systems und damit die Aktorkraft reduziert.

#### Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, weist in vorteilhafter Weise ein Piezoelement auf, zu dem erfindungsgemäß ein Ausgleichselement parallel angeordnet ist. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass das Piezoelement und das Ausgleichselement im wesentlichen den gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten aufweisen, so dass die temperaturbedingte Dehnungen des Piezoelements und des Ausgleichselements sich bei einer geeigneten mechanischen Anbringung der beiden Elemente in Wirkrichtung derart aufheben, dass ein mit einer Druckplatte des Piezoelements fest verbundenes Betätigungselement in

seiner Lage verbleibt. Es kann somit auf einfache Weise erreicht werden, dass nach wie vor ein metallisches Gehäuse, beispielsweise aus Stahl, für den Piezoaktor verwendet wird und das Piezoelement im Gehäuse derart verspannbar ist, dass das Ausgleichselement zur Temperaturkompensation immer fest mit dem Piezoelement verbunden ist.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform liegt das Piezoelement in seiner Wirkrichtung mit einem Ende über eine Feder an einer Fixierkante eines Gehäuses und mit dem anderen Ende über die Druckplatte und eine Vorspannfeder an einer anderen Fixierkante des Gehäuses an. Es ist weiterhin ein Federteller vorhanden, der zwischen dem Piezoelement und der Feder angeordnet ist. Auf diesem Federteller ist erfindungsgemäß zusätzlich das Ausgleichselement angeordnet, das mit dem anderen Ende fest am Gehäuse anstößt und darüber hinaus parallel zu dem Piezoelement liegt.

Bei einer ersten weitergebildeten Ausführungsform ist das Piezoelement aus einem Mehrschichtaufbau von quer zur Wirkrichtung angeordneten keramischen Piezolagen hergestellt, die sich bei geeigneter Anlage einer äußeren elektrischen Spannung in Wirkrichtung verlängern. -Das Ausgleichselement ist ebenfalls aus Keramik mit dem gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten wie die Lagen der Piezokeramik aufgebaut, wobei diese Keramik jedoch keinen Piezoeffekt aufweist. Eine mögliche Differenzdehnung zwischen dem Gehäuse des Piezoaktors und dem Piezoelement, die zu einer Auslenkung des Betätigungselements führen würde, wird somit über die Feder, die zwischen dem Federteller und der Fixierkante des Gehäuse liegt, ausgeglichen.

Bei einer zweiten Ausführungsform ist das Piezoelement ebenfalls aus einem Mehrschichtaufbau von quer angeordnete-

ten keramischen Piezolagen gebildet, die sich bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung in Wirkrichtung verlängern. Das Ausgleichselement ist hier jedoch aus längs angeordneten Piezolagen aufgebaut, die sich bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung in Wirkrichtung verkürzen. Auch hier kann eine mögliche Differenzdehnung zwischen dem Gehäuse des Piezoaktors und dem Piezoelement, wie zuvor erwähnt, durch einen gleichen Temperaturkoeffizienten des Piezoelements und des Ausgleichselements und den Ausgleich über die erwähnte Feder ausgeglichen werden. Diese erfindungsgemäße Ausführungsform ermöglicht aber zusätzlich noch eine Vergrößerung des Hubs des Piezoaktors wodurch auf andere zusätzliche Maßnahmen, wie z.B. eine hydraulische Kopplung, verzichtet werden kann. Durch den vergrößerten Hub kann ebenfalls auch eine eventuell sonst notwendige Hubübersetzung entfallen.

In vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung kann das Piezoelement und das Ausgleichselement stabförmig mit rundem oder rechteckigem Querschnitt aufgebaut sein. Es ist hier auch möglich, dass das Piezoelement und das Ausgleichselement aus Hohlzylindern bestehen, die um die Achse des Betätigungselements angeordnet sind, um einen insgesamt zylindrischen Aufbau des Piezoaktors zu erleichtern.

Bei einer ersten Anwendung des erfindungsgemäßen Piezoaktors kann in vorteilhafter Weise das Ende des Piezoelements mit dem es an der Druckplatte anliegt und somit das Betätigungselement mit einer Kraft beaufschlagt, an der in Wirkrichtung abgewandten Seite des Piezoaktors angeordnet sein. In diesem Fall ist die Nutzkraft des Piezoaktors eine Zugkraft.

Nach einer zweiten vorteilhaften Anwendung ist das Ende des Piezoelements mit dem es an der Druckplatte anliegt, an der in Wirkrichtung liegenden Seite des Piezoaktors

angeordnet. In diesem zweiten Fall ist die Nutzkraft des Piezoaktors eine Druckkraft.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen temperaturkompensierten Piezoaktors, beispielsweise zur Positionierung eines Ventils, werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen mit einer Zugkraft wirkenden Piezoaktor mit einem Ausgleichselement aus Keramik;

Figur 2 einen Schnitt entlang der Schnittlinie A-A aus Figur 1 mit einem stabförmigen Aufbau des Piezoelements nach der Figur 1 und einer ersten Möglichkeit der Kontaktierung;

Figur 3 einen Schnitt entsprechend der Figur 2 mit einer zweiten Möglichkeit der Kontaktierung;

Figur 4 einen Schnitt entlang der Schnittlinie A-A aus Figur 1 mit einem hohlzylindrischen Aufbau des Piezoelements nach der Figur 1;

Figur 5 einen Schnitt durch einen mit einer Druckkraft wirkenden Piezoaktor mit einem Ausgleichselement aus piezokeramischen Lagen;

Figur 6 einen Schnitt entlang der Schnittlinie A-A aus Figur 5 mit einem stabförmigen Aufbau der Piezoelemente nach der Figur 5 und einer ersten Möglichkeit der Kontaktierung;

Figur 7 einen Schnitt entsprechend der Figur 6 mit einer zweiten Möglichkeit der Kontaktierung und

Figur 8 einen Schnitt entlang der Schnittlinie A-A aus Figur 5 mit einem hohlzylindrischen Aufbau der Piezoelemente nach der Figur 5.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der ein Piezoelement 2 aufweist, das in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Quarzmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an in dieser Figur nicht gezeigten Elektroden eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt.

Bei dem Piezoaktor 1 nach der Figur 1 ist das Piezoelement 2 aus Keramik und ein Ausgleichselement 3 ebenfalls aus Keramik, allerdings ohne Piezoeffekt, mit einer Feder 4 über einen Federteller 5 gegen eine Fixierkante des Gehäuses 6 gepresst. Die Elemente 2 und 3 haben dabei den gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten. Das Piezoelement 2 wird von oben mit der Vorspannfeder 7 und einer Druckplatte 8 vorgespannt, wobei das Piezoelement 2 so mit quer geschichteten Lagen aufgebaut ist, dass es sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung verlängert. Die

Druckplatte 8 ist dabei fest mit einem Zugstab 9 verbunden, der das Betätigungselement, beispielsweise für einen Ventilstößel, darstellt.

Die Vorspannkraft  $F_7$  der Feder 7 muß dabei wesentlich geringer als die Vorspannkraft  $F_4$  der Feder 4 sein, so dass für die maximale Nutzkraft  $F_{\text{nutz}}$ , hier als Zugkraft, des Piezoaktors 1 folgende Beziehung gilt:

$$F_{\text{nutz}} = F_4 - F_7$$

Die Steifigkeiten der Federn 4 und 7 sollten dabei möglichst klein sein. Da die Temperaturdehnung des Piezoelements 2 gleich der des Ausgleichselements 3 ist, wird eine mögliche Differenzdehnung zwischen Gehäuse 6 und Piezoelement 2 über die Feder 4 ausgeglichen.

Aus Figur 2 und Figur 3 ist jeweils eine Anordnung mit stabförmigen Piezoelementen 2 und Ausgleichselementen 3 in einer Schnittansicht A-A aus der Figur 1 ersichtlich. Die Kontaktierungen 10, 11 der Piezoelemente 2 sind bei der Anordnung nach der Figur 2 in der Y-Richtung und Kontaktierungen 12, 13 nach der Figur 3 in der X-Richtung vorgenommen.

Aus Figur 4 ist eine Anordnung mit hohlzylindrischen Piezoelementen 2 und Ausgleichselementen 3 ebenfalls in einer Schnittansicht A-A aus der Figur 1 ersichtlich. Die Kontaktierungen 14 und 15 der Piezoelemente 2 sind bei dieser Anordnung an den radialen Seitenflächen des Piezoelements 2 angebracht.

Ein zweites Ausführungsbeispiel des Piezoaktor 1 ist in Figur 5 gezeigt, wobei hier die gleich wirkenden Bauelemente mit den gleichen Bezugszeichen wie anhand der Figur 1 versehen sind. Auch bei der Anordnung nach der Figur 5 ist das Piezoelement 2 aus einer entsprechenden Piezoke-



ramik; ein Ausgleichselement 20 ist jedoch ebenfalls als ein Piezoelement aufgebaut, wobei diese Elemente 2 und 20 hier in Abwandlung zum Beispiel nach der Figur 1 mit der Feder 4 über den Federteller 5 gegen eine obenliegende Fixierkante des Gehäuse 6 gepresst werden.

Das Piezoelement 2 ist dabei quer geschichtet, so dass es sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung wie beim ersten Ausführungsbeispiel verlängert. Die Piezolagen des Ausgleichselements 20 sind dagegen längsgeschichtet, so dass diese sich bei Anlage einer elektrischen Spannung in Wirkrichtung des Piezoaktors 1 verkürzen.

Die Vorspannkraft der Feder 7, über die das untere Ende des Piezoelements 2 am Gehäuse anliegt, muss dabei wesentlich geringer als die Vorspannkraft der Feder 4 sein, so dass für die maximale Nutzkraft  $F_{\text{nutz}}$ , hier als Druckkraft, des Piezoaktors 1 folgende Beziehung gilt:

$$F_{\text{nutz}} = F_7 - F_4$$

Die Steifigkeiten der Federn 4 und 7 sollten dabei auch hier möglichst klein sein. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an beide Elemente 2 und 20 erhält man als Nutzhub die Summe der beiden Einzelhübe der beiden Elemente 2 und 20. Da die Temperaturdehnung der beiden Elemente 2 und 20 auch hier gleich ist, wird eine mögliche Differenzdehnung zwischen dem Gehäuse 6 und dem Piezoelement 2 auch hier über die Feder 4 ausgeglichen.

Aus Figur 6 und Figur 7 ist eine Anordnung mit einem stabförmigen Piezoelement 2 und ebenfalls stabförmigen Ausgleichselementen 20 in einer Schnittansicht A-A aus der Figur 5 ersichtlich. Die Kontaktierungen des Piezoelements 2 sind nach der Figur 6 in X-Richtung und des Ausgleichselements 20 in Y-Richtung sowie bei der Anordnung nach der Figur 7 beim Piezoelement 2 in der Y-

Richtung und bei den Ausgleichselementen 20 in der X-Richtung vorgenommen.

Aus Figur 8 ist eine Anordnung mit hohlzylindrischen Piezoelementen 2 und Ausgleichselementen 20 ebenfalls in einer Schnittansicht A-A aus der Figur 5 ersichtlich. Die Kontaktierungen 14 und 15 des Piezoelements 2 und des Ausgleichselements 20 sind bei dieser Anordnung an den radialen Seitenflächen angebracht.

Patentansprüche

1) Piezoaktor, mit

- einem Piezoelement (2) zur Beaufschlagung eines Betätigungselements (9) mit einer Zug- oder Druckkraft und einem Ausgleichselement (3;20), wobei das Piezoelement (2) und das Ausgleichselement (3;20) im wesentlichen den gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten aufweisen und wobei
- das Ausgleichselement (3;20) mechanisch derart mit dem Piezoelement (2) gekoppelt ist, dass die temperaturbedingte Dehnungen des Piezoelements (2) und des Ausgleichselements (3;20) sich in Wirkrichtung derart aufheben, dass das Betätigungselement (9) in seiner Lage verbleibt.

2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (2) in seiner Wirkrichtung mit einem Ende über eine Feder (4) an einer Fixierkante eines Gehäuses (6) anliegt und mit dem anderen Ende über ei-

ne Druckplatte (8) und eine Vorspannfeder (7) an einer anderen Fixierkante des Gehäuses (6) anliegt und mit

- einem Federteller (5), der zwischen dem Piezoelement (2) und der Feder (4) angeordnet ist, auf dem zusätzlich das Ausgleichselement (3;20) angeordnet ist, welches mit dem anderen Ende fest am Gehäuse (6) anstößt und dabei im wesentlichen parallel zu dem Piezoelement (2) liegt.

3) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (2) aus einem Mehrschichtaufbau von quer angeordneten keramischen Piezolagen besteht, die sich bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung in Wirkrichtung verlängern und das Ausgleichselement (3) aus Keramik aufgebaut ist.

4) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (2) aus einem Mehrschichtaufbau von quer angeordneten keramischen Piezolagen besteht, die sich bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung in Wirkrichtung verlängern und dass
- das Ausgleichselement (20) aus längs angeordneten Piezolagen besteht, die sich bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung in Wirkrichtung verkürzen.

5) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (2) und das Ausgleichselement (3;20) stabförmig mit rundem oder rechteckigem Querschnitt aufgebaut ist.

6) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (2) und das Ausgleichselement (3;20) aus Hohlzylindern bestehen, die um die Achse des Betätigungselements (9) angeordnet sind.

7) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Ende des Piezoelements (2) mit dem es an der Druckplatte (8) anliegt, an der in Wirkrichtung abgewandten Seite des Piezoaktors (2) angeordnet ist, so dass die Nutzkraft ( $F_{\text{nutz}}$ ) des Piezoaktors (1) eine Zugkraft ist.

8) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Ende des Piezoelements (2) mit dem es an der Druckplatte (8) anliegt, an der in Wirkrichtung liegenden Seite des Piezoaktors (2) angeordnet ist, so dass die Nutzkraft ( $F_{\text{nutz}}$ ) des Piezoaktors (1) eine Druckkraft ist.

9) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- zwischen dem Piezoelement (2) und dem Ausgleichselement (3;20) eine Wärmeleitpaste angeordnet ist.

### Zusammenfassung

Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, bei dem ein Piezoelement (2) zur Beaufschlagung eines Betätigungselements (9) mit einer Zug- oder Druckkraft und ein Ausgleichselement (3;20) vorhanden ist, wobei das Piezoelement (2) und das Ausgleichselement (3;20) im wesentlichen den gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten aufweisen. Das Ausgleichselement (3;20) ist mechanisch derart mit dem Piezoelement (2) gekoppelt, dass die temperaturbedingte Dehnungen des Piezoelements (2) und des Ausgleichselements (3;20) sich in Wirkrichtung derart aufheben, dass das Betätigungselement (9) in seiner Lage verbleibt.

(Figur 1)



